

# 1 EINLEITUNG

Wirbel aller Größenordnungen, in Luft und in Wasser, üben auf den Menschen eine besondere Faszination aus. Besonders Wirbelstürme - Hurrikans und Tornados - stehen in jüngster Zeit ganz oben auf der Hitliste, wenn man das Medieninteresse als Indikator nehmen darf. Aber auch kleinräumigere Strömungen wie Wirbelströmungen in Bächen, in Flüssen, am Meer, laden durch ihre Vielgestaltigkeit zur genaueren Betrachtung ein.

Obwohl in unserem Alltag immer gegenwärtig, findet sich das Thema „Strömungen“ in kaum einem Lehrplan oder Schulbuch. Ein Grund mag das hohe mathematische Niveau des Themas sein, das die Grenzen der Schulmathematik schnell übersteigt. Aber gerade dieser Zwang, auf eine ausführliche mathematische Bearbeitung verzichten zu müssen, kann auch eine Chance für den Physikunterricht bedeuten, wenn man sich mehr mit den Konzepten befasst, die hinter der mathematischen Theorie stecken. So besteht die Möglichkeit, dass auch Schülerinnen und Schüler mit geringeren mathematischen Fähigkeiten wieder mehr Interesse am Physikunterricht finden.

In der Wissenschaft erhielt die Strömungsdynamik durch die Wiederentdeckung der nichtlinearen Dynamik neuen Auftrieb - entdeckt wurde sie schon Anfang dieses Jahrhunderts durch den französischen Mathematiker Henri Poincaré. Die meisten „Paradebeispiele“ der nichtlinearen Dynamik stammen aus der Hydrodynamik, wie z.B. die turbulenten Strömungen, das Wettergeschehen, das Lorenz-, das Bénard- und das Taylorsystem.

Aus diesem Grund nähert sich die vorliegende Unterrichtsreihe der nichtlinearen Dynamik von der Strömungsphysik her. Dabei gehen traditionelle und hochaktuelle, z.T. noch nicht vollständig erforschte Gebiete der Hydrodynamik ineinander über.

Die Linearisierung ist in der Physik ein wichtiges und erfolgreiches Hilfsmittel, um Phänomene berechnen und abschätzen zu können. Die Lernenden sollten allerdings auch die Grenzen der Näherungen kennen lernen und erkennen, dass natürliche Systeme nichtlinear sind.

Wie kaum ein anderes Thema bietet die Hydrodynamik die Möglichkeit, über Modellbildung in der Physik und die damit verbundene eingeebte Sichtweise zu diskutieren. Begriffspaare wie „ideal - real“ oder „linear - nichtlinear“ werden von verschiedenen Seiten beleuchtet.

Die nichtlineare Dynamik ist ein populäres Thema, dem ein großes öffentliches Interesse zuteil wird und anhand dessen die Lernenden sehen, dass die Physik kein fertiges Wissenschaftsgebäude ist, sondern ständig ausgebaut wird. Diese Erkenntnis motiviert viele Lernende. Sie sehen, dass es in der Gegenwart und sicher auch in der Zukunft noch grundsätzliche Fragen an die Physik gibt, die es zu klären gilt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt spricht für die nichtlineare Dynamik: Sie befasst sich nicht, wie die Quantenmechanik in der Schule, mit mikroskopisch kleinen Objekten oder, wie die

Relativitätstheorie, mit Körpern großer Abmessungen oder großer Entfernungen, sondern mit Systemen, deren Größe mit den menschlichen Sinnen erfasst werden kann.

Ein besonderer Schwerpunkt dieser Unterrichtsreihe liegt auf der Interdisziplinarität des Themas: Anwendungen und Beispiele aus der Meteorologie, der Medizin, der Technik und der Kunst zeigen die Relevanz der Naturwissenschaften für die verschiedensten Bereiche der Lebenswelt der Schülerinnen, Schüler und Studierenden. Sie können die Fähigkeit erwerben, das Gelernte auf andere Gebiete anzuwenden, lernen allerdings auch die vorläufigen Grenzen der Theorie kennen. Die Strömungsdynamik eignet sich wie nur wenige Themen in der Physik für einen „Blick über den Tellerrand“.

### **Handhabung der Unterrichtsreihe**

Konzipiert wurde diese Unterrichtsreihe für die Jahrgangsstufen 12 oder 13. Die Reihe umfasst insgesamt etwa 30 Unterrichtsstunden, was in etwa der Stundenzahl des Leistungskurses 13/2 in Hessen entspricht. Diese 30 Stunden wurden in sechs Blöcke à fünf Unterrichtsstunden aufgeteilt. Dabei ist der Zeitaufwand für Klassenarbeiten, Tests o.ä. noch nicht berücksichtigt.

Die Blöcke sind so aufgebaut, dass sie auch einzeln unterrichtet werden können. Nicht alle Themenblöcke benötigen die mathematischen und physikalischen Vorkenntnisse der Jahrgangsstufen 12 oder 13. So ist z.B. der erste, zweite oder vierte Themenblock und Teile des fünften Themenblocks ohne weiteres auch schon in der 11. Jahrgangsstufe unterrichtbar. Da in der Unterrichtsreihe Begriffe und Modelle aus der Mechanik wiederholt und in einem erweiterten Kontext angewendet werden, können einige Teile dieser Reihe dazu dienen, in der 11. Jahrgangsstufe der technischen Gymnasien das Wissen der Schülerinnen und Schüler, die aus verschiedenen Schultypen stammen, auf einen einheitlichen Stand zu bringen.

Bewährt hat sich diese Unterrichtsreihe auch im Rahmen der Lehrerbildung. Sowohl Lehramtsstudierende für Gymnasien, als auch für Haupt- und Realschulen können geeignete Themen für ihren späteren Unterricht auswählen und gemeinsam diskutieren. Die große Anzahl einfacher Versuche regt die Studierenden an, diese auch in anderem Rahmen, z.B. für Projektwochen, für Mitmachausstellungen oder zu Tagen der offenen Tür einzusetzen.

Jeder Themenblock beginnt mit einer Tabelle der einzelnen Unterrichtsschritte sowie der geplanten Versuche und Demonstrationen. Alle benötigten Materialien sind aufgelistet. Im Text sind die Versuche, Demonstrationen, Filme usw. kursiv und fett gedruckt. Die Experimente sind so geplant, dass die Materialien in der Schulsammlung oder im Haushalt vorhanden sein müssten, einige sind in Heimwerkermärkten oder in Schreibwarenläden preiswert erhältlich. Welche Versuche als Schüler- und welche als Demonstrationsversuche im Unterricht eingesetzt werden, hängt von der Ausstattung der Schule ab. Prinzipiell sind fast alle Versuche als Schülerversuche durchführbar.

Das Thema „Strömungen“ erzwingt die ausführliche Darstellung der Themenblöcke, da in der Lehrerbildung die Hydrodynamik üblicherweise nicht gelehrt wird. Auch in Schulbüchern und allgemeinen Lehrbüchern der Physik wird dieses Gebiet (noch) rudimentär behandelt, vor allem ohne Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse. Die Fachliteratur zu den ausgewählten Themen ist sehr weit gestreut und wird mathematisch schnell anspruchsvoll.

Aus diesen Gründen wurde für die Unterrichtsreihe eine Form gewählt, die es den Lehrenden erlaubt, sich selbst ohne großen Aufwand einzuarbeiten und im Idealfall den Unterricht 1:1 zu übertragen. Um eine aufwendige Literatursuche zu ersparen, sind in einigen Themenblöcken längere Originalzitate enthalten. Um den Rahmen nicht vollständig zu sprengen, wurde auf ausführliche methodische Angaben verzichtet, da diese von den Rahmenbedingungen des Unterrichts abhängen und so im Ermessen des Lehrenden liegen.